



154847 PCT

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑩ DE 42 06 576 A 1

⑤1 Int. Cl. 5:
G 01 F 11/04
G 01 F 15/07
G 05 D 7/00
G 01 L 7/00
B 65 G 53/66
B 65 G 53/66

②1 Aktenzeichen: P 42 06 576.3
②2 Anmeldetag: 2. 3. 92
④3 Offenlegungstag: 9. 9. 93

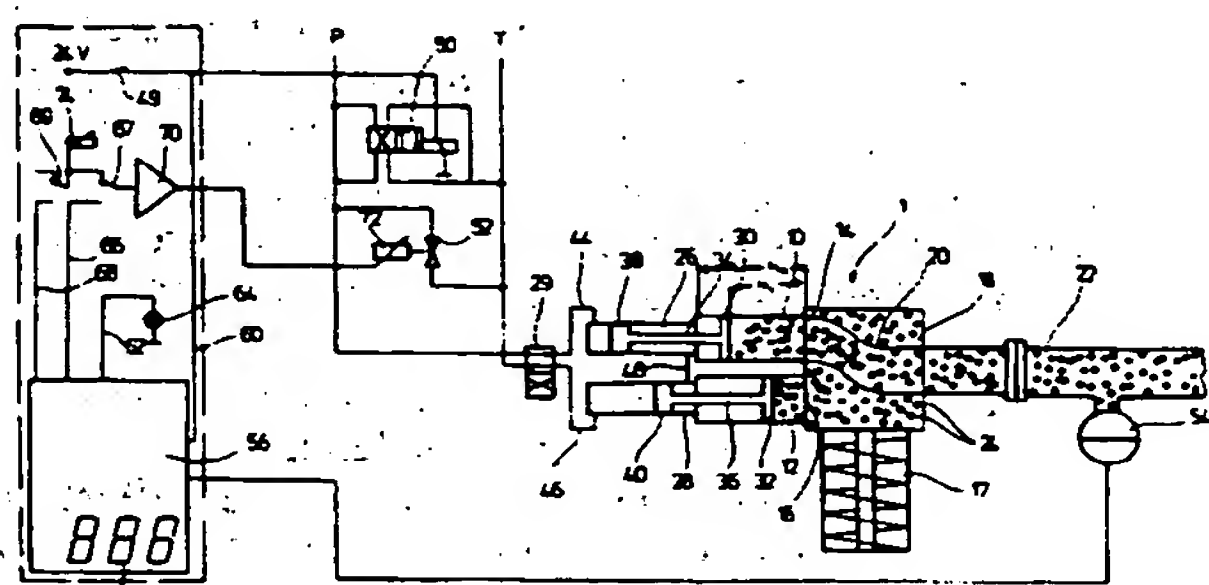
DE 42 06 576 A 1

⑦1 Anmelder:
Putzmeister-Werk Maschinenfabrik GmbH, 72631
Aichtal, DE
⑦4 Vertreter:
Wolf, E., Dipl.-Phys. Dr.-Ing., 70193 Stuttgart; Lutz,
J., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte, 7000
Stuttgart

⑦2 Erfinder:
Schlecht, Karl, Dipl.-Ing., 7024 Filderstadt, DE;
Rockstroh, Axel, Ing.(grad.), 7432 Bad Urach, DE

⑤4 Verfahren und Anordnung zur Bestimmung der Fördermenge oder des Förderstroms von mittels einer Kolbendickstoffpumpe transportiertem Fördergut

⑤7 Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Anordnung zur meßtechnischen Bestimmung des Förderstroms von Fördergut, das mittels einer Kolbendickstoffpumpe (1) durch eine Förderleitung (22) transportiert wird. Der Erfindung liegt der Gedanke zugrunde, daß aus dem Druckverlauf in der Förderleitung Rückschlüsse auf den Füllgrad des Förderzylinders gezogen werden können, der für eine genaue Volumenstrombestimmung notwendig ist. Dementsprechend wird gemäß der Erfindung vorgeschlagen, daß der Förderdruck in der Förderleitung (22) mittels eines Drucksensors (54) kontinuierlich oder in vorgegebenen Zeitschritten fortlaufend gemessen wird und daß aus dem zeitabhängigen Amplitudenverlauf des gemessenen Förderdrucks sowohl der zeitliche Abstand zwischen aufeinanderfolgenden Druckhuben zur Bestimmung der Hubzahl bzw. der Hubfrequenz, als auch der Füllgrad des Förderzylinders zur Bestimmung des effektiven Fördervolumens je Druckhub ermittelt werden.



BEST AVAILABLE COPY

DE 42 06 576 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur Bestimmung der Fördermenge oder des Förderstroms von mittels einer mindestens einen Förderzylinder aufweisenden Kolbendickstoffpumpe durch eine Förderleitung transportiertem Fördergut, bei welchem die Anzahl der Druckhübe oder die Hubfrequenz sowie das Fördervolumen der einzelnen Druckhübe ermittelt und zur rechnerischen Bestimmung der Fördermenge oder des Förderstroms ausgewertet werden.

Unter Dickstoffen sollen im folgenden Feststoff-Flüssiggemische mit mehr oder weniger hohem Feststoffanteil verstanden werden, wie sie beispielsweise bei teilentwässerten Klärschlämmen, bei Kohlestaub-Flüssiggemischen oder bei Beton auftreten.

Es ist bekannt, den Volumenstrom einer Kolbenpumpe aus dem Produkt der zeitlichen Häufigkeit der Hübe (Hubfrequenz) n mit dem Inhalt des Förderzylinders V_z zu bestimmen:

$$q = nV_z \quad (1)$$

Hierbei ist noch nicht berücksichtigt, daß das Fördergut aufgrund von Luftansaugung und Lufteinschlüssen nicht das gesamte Zylindervolumen ausfüllt und zunächst auf den Förderdruck komprimiert werden muß, bevor die Fördergutsäule in der Förderleitung in Bewegung gesetzt wird. Dieser Effekt kann in (1) durch Hinzunahme eines weiteren, den Füllgrad definierenden Faktor $r \leq 1$ berücksichtigt werden:

$$q = nV_z r \quad (2)$$

Üblicherweise wird der Füllgrad r als konstanter Faktor angenommen. Dabei wird nicht berücksichtigt, daß der Füllgrad dadurch beeinflußt werden kann, daß der absolute Druck in der Förderleitung von Störgrößen, wie Länge, Beschaffenheit, Form und Querschnitt der Förderleitung sowie der Viskosität des Förderguts abhängig ist und daß die angesaugte Luftmenge je nach Konsistenz und Vorpressung des im Saughub aus einem Einfülltrichter angesaugten Förderguts und je nach Füllstand im Einfülltrichter in weiten Grenzen variieren kann. Die Annahme eines konstanten Füllgrades führt daher bei der Bestimmung des Volumenstroms von Dickstoffen häufig zu nicht tolerierbaren Fehlern.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Anordnung zur Fördermengenmessung von Dickstoffen zu entwickeln, womit einem variablen Füllgrad des Förderzylinders unabhängig von dessen Ursache Rechnung getragen werden kann.

Zur Lösung dieser Aufgabe werden gemäß der Erfindung die in den Ansprüchen 1 bzw. 8 angegebenen Merkmalskombinationen vorgeschlagen. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Die Erfindung geht von der Erkenntnis aus, daß aus dem Strömungs- oder Druckverlauf in der Förderleitung Rückschlüsse dahingehend gezogen werden können, wie lang die Kompressionszeit und wie lang die effektive Förderzeit dauert. Aus dem Verhältnis zwischen der effektiven Förderzeit und der Gesamthubzeit gegebenenfalls unter zusätzlicher Berücksichtigung von Auszeiten läßt sich der Füllgrad des Förderzylinders für jeden Hub bestimmen und zwar unabhängig von den Ursachen, die zu einem variablen Füllgrad führen können.

Dementsprechend wird zur Lösung der Erfindung vorgeschlagen, daß bei jedem Druckhub der Zeitpunkt des Strömungsbeginns t_a und des Strömungsendes t_e des Förderguts in der Förderleitung gemessen und daraus der Füllgrad r des Förderzylinders zur Bestimmung des Fördervolumens

$$V = r \cdot V_z \quad (3)$$

je Druckhub ermittelt wird, wobei V_z den Hubraum des Förderzylinders bedeutet. Vorteilhafterweise wird außerdem der zwischen den Zeitpunkten t_a und t_e zurückgelegte Kolbenweg h_1 des Förderzylinders gemessen und der Füllgrad des Förderzylinders aus der Beziehung

$$r = h_1/h_0 \quad (4)$$

bestimmt wird, wobei h_0 den Kolbenhub des Förderzylinders bedeutet.

Für den Fall, daß die Kolbengeschwindigkeit während des Förderhubs annähernd gleich ist, kann der Füllgrad des Förderzylinders bei jedem Druckhub auch aus der Beziehung

$$r = T_1/T_0 \quad (5)$$

bestimmt werden, wobei

$$T_1 = t_e - t_a \quad (6)$$

die effektive Förderzeit und T_0 die Hubzeit des Druckhubs bedeuten.

Zur Erzielung möglichst genauer Meßwerte sollte nach einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung der Strömungsbeginn t_a und/oder das Strömungsende t_e im Fördergut in der Nähe des dem Förderzylinder abgewandten Endes der Förderleitung gemessen werden.

Der Strömungsbeginn t_a und/oder das Strömungsende t_e kann beispielsweise mittels eines in der Förderleitung angeordneten, vom Fördergut umströmten und in dessen Strömung begrenzt mitbewegten Meßkörpers sowie einer auf die Lage des Meßkörpers innerhalb der Förderleitung ansprechenden Meßsonde bestimmt werden.

Grundsätzlich ist es möglich, die Messung auch berührungsfrei durchzuführen, indem das in der Förderleitung befindliche Fördergut mit Ultraschall beaufschlagt wird und ein am Fördergut reflektiertes oder durch dieses hindurchgehendes Ultraschallsignal zur Bestimmung des Zeitpunkts des Strömungsbeginns t_a und/oder des Strömungsendes t_e ausgewertet wird.

Um Rückströmungsverluste zu vermeiden, kann die Förderleitung am Ende eines jeden Druckhubs für den Durchtritt von Fördergut gesperrt werden, so daß der Zeitpunkt des Strömungsendes t_e mit dem Zeitpunkt des Druckhubendes zusammenfällt.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird technisch durch einen auf die Strömung oder Nichtströmung des Förderguts in der Förderleitung ansprechenden Strömungsmelder und eine mit dem Ausgang des Strömungsmelders verbundene Zähl- oder Recheneinrichtung zur Bestimmung der Förderzeit des Förderguts und des daraus abgeleiteten Füllgrades des Förderzylinders und/oder des Fördervolumens oder Förderstroms verwirklicht. Der Strömungsmelder kann dabei ein in der Förderleitung angeordnetes, ein unter der Einwirkung des strömenden Förderguts von einem Sitz abhebbares Schließorgan aufweisendes Rückschlagventil sowie einen auf die Öffnungs- oder Schließstellung oder

-bewegung des Schließorgans ansprechenden, vorzugsweise als Näherungsschalter ausgebildeten Sensor umfassen. Das Rückschlagventil kann als Klappenventil, Kugelventil oder Tellersitzventil ausgebildet sein. Um Rückströmungsverluste im Rückschlagventil auszuschließen, kann das Schließorgan über ein am Ende eines Kolbenhubs auslösbares Signal geschlossen werden. Statt des Rückschlagventils kann der Strömungsmelder auch als Ultraschallsonde ausgebildet werden, die berührungsfrei an der Förderleitung angeordnet werden kann.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist eine Wegmeß-Einrichtung zur Messung des Kolbenwegs vorgesehen, deren Ausgang mit der Zähl- und Recheneinrichtung zur Ermittlung des Füllgrads und/oder des Fördervolumens oder Förderstroms verbunden ist.

Eine alternative Verfahrensweise zur Lösung der Erfindungsaufgabe sieht vor, daß der Förderdruck in der Förderleitung kontinuierlich oder in vorgegebenen Zeitschritten fortlaufend gemessen wird und daß aus dem zeitabhängigen Amplitudenverlauf des gemessenen Förderdrucks sowohl der zeitliche Abstand zwischen aufeinanderfolgenden Druckhüben zur Bestimmung der Hubzahl, als auch der Füllgrad des Förderzylinders zur Bestimmung des effektiven Fördervolumens je Druckhub ermittelt werden.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird zur Bestimmung des Füllgrades bei jedem Druckhub eine effektive Förderzeit und/oder der Kolbenweg gemessen, während der der Förderdruck größer als ein vorgegebener Druckschwellwert ist. Der Druckschwellwert kann dabei als Zwischenwert zwischen je einem aus dem gemessenen Amplitudenverlauf bestimmten Tiefdruckpegel und Hochdruckpegel ermittelt werden, beispielsweise nach der Beziehung

$$p_s = p_t + k(p_h - p_t) \quad (7)$$

wobei p_s den Druckschwellwert, p_t den Tiefdruckpegel, p_h den Hochdruckpegel und $k < 1$ eine empirisch zu ermittelnde Konstante bedeuten.

Der die Hubzahl bestimmende zeitliche Abstand zweier aufeinanderfolgender Druckhübe wird vorteilhafterweise aus der Zeitdifferenz zwischen zwei aufeinanderfolgenden abfallenden Amplitudenflanken des Förderdrucks ermittelt. Dabei kann der zeitliche Abstand zweier aufeinanderfolgender Druckhübe aus der Hubzeit des Druckhubs und einer gegebenenfalls vorgegebenen oder gemessenen Auszeit additiv zusammengesetzt sein. Unter Auszeiten sind beispielsweise zu verstehen Stillstandszeiten des Kolbens verursacht durch Abschalten, Umschalten zwischen zwei Zylindern bei Mehrzylinder- oder Zweizylinderpumpen, Saugphase bei Einzylinderpumpen oder Blockieren der Pumpe infolge einer Störung. Weiter kann die unterschiedliche Kolbengeschwindigkeit während der Kompressions- und Förderphase durch eine gegebenenfalls negative Auszeit in Ansatz gebracht werden.

Der Füllgrad r des Förderzylinders kann somit bei jedem Druckhub wie folgt bestimmt werden:

$$r = \frac{T_1}{T_2 - T_A} \quad (8)$$

wobei T_1 die effektive Förderzeit, T_2 der zeitliche Druckhubabstand und T_A die Auszeit bedeuten.

Durch Einsetzen von (8) in (2) unter Berücksichtigung der Beziehung

$$n = 1/T_2 \quad (9)$$

erhält man für den Volumenstrom die Beziehung

$$q = \frac{T_1 V_z}{T_2 (T_2 - T_A)} \quad (10)$$

Da das mittlere Druckniveau in der Förderleitung aus verschiedenen Gründen zeitlich variieren kann, beispielsweise weil

- die Fördersäule entlang der Förderleitung unterschiedlich hoch sein kann und der statische Druck dadurch verändert wird,
- der Förderwiderstand in der Förderleitung aufgrund unterschiedlicher Konsistenz, Betätigen von Schiebern oder Zuschalten von Förderleitungen variiert,
- die Viskosität und/oder die Dichte des Fördermediums sich ändert,

muß auch der Druckschwellwert an den sich dadurch ändernden Tiefdruck- und Hochdruckpegel ständig angepaßt werden.

Dies kann nach einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung dadurch erfolgen, daß die Amplitudenmeßwerte des Förderdrucks mit vorgegebener Sampling-Rate digital umgesetzt und nach Maßgabe ihrer Größe in verschiedene Zählspeicher unter Auslösen eines Zählvorgangs sortiert werden, und daß das bei einem Meßzyklus aus den Zählwerten aller Zählspeicher erhaltene Häufigkeitsspektrum unter Ermittlung eines dem Tiefdruckpegel zugeordneten unteren und eines dem Hochdruckpegel zugeordneten oberen Häufigkeitsmaximums ausgewertet und daraus der zwischen diesem liegende Druckschwellwert ermittelt wird. Die Sampling-Rate beträgt dabei zweckmäßig ein Vielfaches, vorzugsweise das 10^2 - bis 10^4 -fache der Hubfrequenz.

Um Verfälschungen bei der Bestimmung der Tief- und Hochdruckpegel und damit des Druckschwellwerts zu vermeiden, wird gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung vorgeschlagen, daß die Zählwerte der einzelnen Zählspeicher unter Bildung eines gefilterten Häufigkeitsspektrums mit den Zählwerten benachbarter Zählspeicher mit in Abhängigkeit vom gegenseitigen Abstand abnehmender Wichtung additiv verknüpft werden. Dies kann beispielsweise dadurch erfolgen, daß jedem Amplitudenwert die Nachbarwerte z. B. mit dem Faktor 5, 4, 3, 2 und 1 hinzuaddiert werden. Eine Drift in den genannten Schwerpunkten kann dadurch erfaßt werden, daß der zur Bildung des Häufigkeitsspektrums durchgeführte Meßzyklus in vorgegebenen Zeitintervallen wiederholt wird, wobei die Zählwerte des gefilterten Häufigkeitsspektrums des zuletzt erfaßten Meßzyklus mit den niedriger gewichteten Zählwerten des gefilterten Häufigkeitsspektrums aus dem vorhergehenden Meßzyklus unter Bildung eines der Auswertung zugeführten Summenspektrums additiv verknüpft werden können.

Durch diese statistische Auswertung der Meßwerte wird nur der Druckschwellwert zwischen der Tiefdruckphase und der Hochdruckphase festgelegt. Die eigentliche Zeitmessung (effektive Förderzeit), die für die Bestimmung des Füllgrades und damit für die Förder-

strommessung notwendig ist, wird bei jedem einzelnen Druckhub durchgeführt. Weiter wird bei jedem Pumpzyklus die Hubzeit ermittelt, um die Anzahl der Hübe pro Zeiteinheit (pro Stunde) zu aktualisieren und damit den Förderstrom berechnen zu können. Die Hubzeit und damit die Hubzahl kann dabei zeitabhängig variieren, weil

- der Kolben mehr oder weniger schnell läuft,
- der Öldruck oder Ölfluß der Antriebshydraulik verändert wird,
- der Widerstand in der Förderleitung variiert
- im Beschickungsbehälter ein variabler Füllstand vorhanden ist.

Mit der erfindungsgemäßen Meßmethode ist zusätzlich eine Funktionskontrolle möglich, indem das Häufigkeitsspektrum hinsichtlich des Vorhandenseins signifikanter Häufigkeitsmaxima und/oder der Einhaltung eines vorgegebenen Abstands zwischen den Häufigkeitsmaxima und/oder des Vorliegens von Meßwerten oberhalb oder unterhalb vorgegebener Grenzwerte zum Zwecke der Fehlerüberwachung und -steuerung ausgewertet wird.

Der aus den Druckmeßwerten berechnete Volumenstrom kann beispielsweise auf einem Display oder einem Bildschirm zur Anzeige gebracht oder in ein analoges Spannungs- oder Stromsignal umgewandelt und zur Förderstromregelung herangezogen werden.

Eine bevorzugte Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens weist einen in der Förderleitung angeordneten Drucksensor zur laufenden Messung des Förderdrucks und eine mit dem Ausgangssignal des Drucksensors beaufschlagte elektronische Auswerteeinheit zur Bestimmung der Hubfrequenz und des Füllgrades des Förderzylinders und des daraus abgeleiteten Volumenstroms auf.

Im einfachsten Fall kann der Drucksensor als auf einen einstellbaren Druckschwellwert ansprechender Druckschalter ausgebildet werden, wobei zusätzlich ein unter der Bedingung Förderdruck > Druckschwellwert auslösbarer Zeitzähler zur Bestimmung der effektiven Förderzeit und des daraus abgeleiteten Füllgrades vorgesehen sein kann.

Vorteilhafterweise weist die elektronische Auswerteeinheit einen mit dem Ausgangssignal des Drucksensors beaufschlagbaren Analog/Digital-Wandler und einen mikroprozessorgesteuerten Amplitudenzähler zur Auslösung von Zählvorgängen in einer Vielzahl von Zählspeichern nach Maßgabe der Größe der vom Analog/Digital-Wandler mit vorgebbbarer Sampling-Rate ausgegebenen digitalen Meßwerte auf.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung weist die elektronische Auswerteeinheit zusätzlich ein Programm zur Auswertung der bei einem Meßzyklus ermittelten Zählergebnisse unter Bestimmung eines einem Tiefdruckpegel zugeordneten unteren Häufigkeitsmaximums und eines einem Hochdruckpegel zugeordneten oberen Häufigkeitsmaximums sowie eines zwischen den Tief- und Hochdruckpegeln liegenden Druckschwellwerts sowie einen unter der Bedingung Förderdruck > Druckschwellwert auslösbaren Zeitzähler zur Bestimmung der effektiven Förderzeit und des daraus abgeleiteten Füllgrades auf.

Weiter kann ein Programm zur Ermittlung der Stellgröße eines Volumenstromreglers aus der Abweichung des ermittelten Volumenstroms von einem Sollwert nach Maßgabe eines vorgegebenen Regelalgorithmus

vorgesehen werden. Der Volumenstromregler kann dabei ein mit der Stellgröße beaufschlagbares Proportionalventil als Stellglied aufweisen, das in einer Antriebshydraulik des Förderzylinders angeordnet ist.

Im folgenden wird die Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 ein Schema einer Anordnung zur Messung, Steuerung und Regelung des Volumenstroms von Fördergut einer Dickstoffpumpe;

Fig. 2 ein Diagramm des zeitlichen Verlaufs des Förderdrucks in der Förderleitung der Dickstoffpumpe nach Fig. 1;

Fig. 3 aus dem Druckverlauf aufgenommene Häufigkeitsspektren der Förderdruckamplitude;

Fig. 4 aus den Spektren nach Fig. 3 abgeleitete gefilterte Häufigkeitsspektren;

Fig. 5 ein Schema eines in der Förderleitung nach Fig. 1 angeordneten Strömungssensors.

Die in Fig. 1 schematisch dargestellte Dickstoffkolbenpumpe 1 besteht im wesentlichen aus zwei Förderzylindern 10, 12, deren stirnseitige Öffnungen 14, 16 in einen über eine Vorpreßeinrichtung 17 beschickbaren Materialaufgabebehälter 18 münden und abwechselnd während des Druckhubs über eine Rohrweiche 20 mit einer Förderleitung 22 verbindbar und während des Saughubs unter Ansaugen des Förderguts 24 zum Materialaufgabebehälter 18 hin offen sind. Die Förderzylinder 10, 12 werden über hydraulische Antriebszylinder 26, 28 über ein symbolisch angedeutetes Wegeventil 29 im Gegentakt angetrieben. Zu diesem Zweck sind die Förderkolben 30, 32 über eine gemeinsame Kolbenstange 34, 36 mit den Kolben 38, 40 der Antriebszylinder 26, 28 verbunden. Bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel werden die Antriebszylinder 26, 28 bodenseitig über Druckleitungen 44, 46 mit Hilfe einer nicht dargestellten Hydropumpe abwechselnd mit Drucköl beaufschlagt. An ihrem stangenseitigen Ende sind die Antriebszylinder 26, 28 durch eine Verbindungsleitung 48 hydraulisch miteinander gekoppelt. Die Beaufschlagung der Antriebszylinder mit Druckflüssigkeit erfolgt über das über einen Schalter 49 elektromagnetisch betätigbare Pumpe-Ein-Ventil 50, während das Fördervolumen der Antriebszylinder und damit auch der Förderzylinder über Proportionalventil 52 gesteuert und/oder geregelt werden kann.

Mit der Förderleitung 22 kommuniziert ein Drucksensor 24, dessen Ausgang über die Signalleitung 55 und einen nicht dargestellten Analog/Digital-Wandler mit dem Eingang einer mikroprozessorgesteuerten Auswerteelektronik 56, die vorzugsweise einen Einplatinenrechner mit Digitalanzeige 58 enthält, verbunden ist. Über einen Anschluß 60 der Auswerteelektronik 56 kann das Pumpe-Ein-Ventil 50 angesteuert und/oder dessen Zustand überwacht werden. Ein weiterer Anschluß 62 der Auswerteelektronik 56 ist zur Hubzeit-Überwachung und damit zur Funktionskontrolle der Pumpe mit einer Signallampe 64 verbunden. Schließlich enthält die Auswerteelektronik 56 noch zwei Regelan-schlüsse 66, 68, die über Umschalter 67, 69 und einen Regelverstärker 70 mit dem Proportionalventil 52 verbindbar sind. Alternativ hierzu kann das Magnetventil 52 auch über ein von Hand verstellbares Potentiometer 74 angesteuert werden.

Der mit dem Drucksensor 54 gemessene Amplitudenverlauf des Förderdrucks in der Förderleitung 22 ergibt sich aus dem Diagramm nach Fig. 2. Jeder Pumpzyklus ist erkennbar in eine Kompressions- oder Tiefdruckphase und eine Förder- oder Hochdruckphase unterteilt, die

über eine schräge Anstiegsflanke ineinander übergehen. Der zeitliche Abstand zweier aufeinanderfolgender Druckhübe wird am besten aus der Zeitdifferenz zwischen zwei aufeinanderfolgenden abfallenden Amplitudenflanken des Förderdrucks ermittelt. Beim kontinuierlichen Betrieb entspricht der zeitliche Hubabstand der Hubzeit T_0 , während beim diskontinuierlichen Betrieb sich der zeitliche Hubabstand T_2 aus der Hubzeit T_0 und einer vorgegebenen oder gemessenen Auszeit T_A additiv zusammensetzt. Die effektive Förderzeit T_1 ist definiert durch die Zeit innerhalb eines Druckhubes, in der der Förderdruck p größer als ein Druckschwellwert p_s ist.

Der Amplitudenverlauf des Drucksignals gemäß Fig. 2 wird zur Bestimmung des aktuellen Schwellwerts p_s innerhalb vorgegebener Meßzyklen in der mikroprozessorgesteuerten Auswertelektronik 56 unter Erzeugung eines Häufigkeitsspektrums $H(p)$ statistisch ausgewertet. Zu diesem Zweck werden die Amplitudenmeßwerte des Förderdrucks mit vorgegebener Sampling-Rate in einem Analog/Digital-Wandler digital umgesetzt und nach Maßgabe ihrer Größe in verschiedene Zählspeicher unter Auslösen eines Zählvorgangs sortiert. In Fig. 3 ist das bei zwei aufeinanderfolgenden Meßzyklen aus den Zählwerten aller Zählspeicher erhaltene Häufigkeitsspektrum in Form von durchgezogenen Balken für den letzten Meßzyklus und in Form von gestrichelten Balken für den vorletzten Meßzyklus in Abhängigkeit vom Förderdruck aufgetragen. Diese Spektren zeigen bereits zwei ausgeprägte Schwerpunkte im Bereich des Tiefdruckpegels p_l und des Hochdruckpegels p_h . Um Verfälschungen bei der Bestimmung des Tief- und Hochdruckpegels zu vermeiden, werden die Zählwerte der einzelnen Zählspeicher (Balken in Fig. 3) unter Bildung eines gefilterten Häufigkeitsspektrums mit den Zählwerten benachbarter Zählspeicher mit in Abhängigkeit vom gegenseitigen Abstand abnehmender Wichtung additiv verknüpft. Dabei entstehen die in Fig. 4 dargestellten gefilterten Spektren, von denen die in durchgezogenen Linien dargestellten dünnen Balken zum letzten Meßzyklus und die gestrichelten Balken zum vorletzten Meßzyklus gehören. Zwischen den beiden Zyklen wandern die Schwerpunkte des Tiefdruckpegels p_l und des Hochdruckpegels p_h und damit auch der aus diesen beiden nach der Beziehung (7) bestimmte Druckschwellwert p_s in Richtung kleinere Werte. Die Füllgrad-Bestimmung, die maßgeblich durch den Druckschwellwert p_s beeinflusst wird, paßt sich also dem variablen Absolutdruck in der Förderleitung an. Zusätzlich kann die Drift der Schwerpunkte zwischen zwei aufeinanderfolgenden Meßzyklen mit numerischen Mitteln dadurch noch gedämpft, daß die Zählwerte des gefilterten Häufigkeitsspektrums des zuletzt erfaßten Meßzyklus (durchgezogene dünne Balken) mit den niedriger gewichteten Zählwerten des gefilterten Häufigkeitsspektrums aus dem vorhergehenden Meßzyklus (gestrichelte Balken) unter Bildung eines der Auswertung zugeführten Summenspektrums (fette aufgesetzte Balkenstücke in Fig. 4) additiv verknüpft werden.

In Fig. 5 ist schematisch angedeutet, daß in der Nähe des Förderleitungsendes 22' ein Strömungsmelder 80 angeordnet ist, der aus einem Rückschlagventil mit Ventilsitz 82 und kugelförmigem Schließkörper 84 sowie einem auf die Lage der Ventilkugel 84 ansprechenden Näherungsschalter 86 besteht. Die Signalleitung 88 des Näherungsschalters 86 ist mit der Auswertelektronik 56 verbunden. Weiter ist mit den Kolbenstangen 34, 36

der Förderzylinder 10, 12 ein Wegmesser 90 gekoppelt, der bei jedem Druckhub der Förderzylinder ein Wegsignal an die Auswertelektronik 56 überträgt. Sobald beim Druckhub der Schließkörper 84 vom Ventilsitz 82 des Strömungsmelders 80 unter der Einwirkung des in der Förderleitung 22 strömenden Förderguts 24 abhebt, wird über die Signalleitung 88 des Näherungsschalters 86 ein Signal an die Auswertelektronik 56 abgegeben und die augenblickliche Lage des Förderkolbens 30, 32 im Förderzylinder 10, 12 bestimmt. Die von hier aus vom Kolben noch zurückzulegende Hubstrecke h_1 bezogen auf die gesamte Hubstrecke h_0 ist ein Maß für den Füllgrad r des Förderzylinders und bestimmt die bei dem betreffenden Druckhub durch die Förderleitung 22 transportierte Fördermenge. Am Ende eines Druckhubs wird der Schließkörper 84 beispielsweise über eine Feder 92 gegen den Ventilsitz 82 gedrückt und eine unerwünschte Rückströmung verhindert. Nach Umsteuerung der Rohrweiche und Auslösung eines Druckhubs am anderen Förderzylinder wiederholt sich dieser Vorgang. Die gemessenen Fördermengen eines jeden Druckhubs werden mittels einer Zähl- oder Recheneinrichtung in der Auswertelektronik 56 aufaddiert und im Display 58 zur Anzeige gebracht. Weiter ist damit eine Fördermengenregelung im Sinne der vorstehenden Ausführungen möglich.

Zusammenfassend ist folgendes festzustellen: Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Anordnung zur meßtechnischen Bestimmung des Förderstroms von Fördergut, das mittels einer Kolbendickstoffpumpe 1 durch eine Förderleitung 22 transportiert wird. Der Erfindung liegt der Gedanke zugrunde, daß aus dem Druckverlauf in der Förderleitung Rückschlüsse auf den Füllgrad des Förderzylinders gezogen werden können, die für eine genaue Volumenstrombestimmung notwendig sind. Dementsprechend wird gemäß der Erfindung vorgeschlagen, daß der Förderdruck in der Förderleitung 22 mittels eines Drucksensors 54 kontinuierlich oder in vorgegebenen Zeitschritten fortlaufend gemessen wird und daß aus dem zeitabhängigen Amplitudenverlauf des gemessenen Förderdrucks sowohl der zeitliche Abstand zwischen aufeinanderfolgenden Druckhüben zur Bestimmung der Hubzahl bzw. der Hubfrequenz, als auch der Füllgrad des Förderzylinders zur Bestimmung des effektiven Fördervolumens je Druckhub ermittelt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der Fördermenge oder des Förderstroms von mittels einer mindestens einen Förderzylinder aufweisenden Kolbendickstoffpumpe durch eine Förderleitung transportiertem Fördergut, bei welchem die Hubzahl oder Hubfrequenz sowie das Fördervolumen der einzelnen Druckhübe ermittelt und zur rechnerischen Bestimmung der Fördermenge oder des Förderstroms ausgewertet werden, dadurch gekennzeichnet, daß bei jedem Druckhub der Zeitpunkt des Strömungsbeginns (t_a) und des Strömungsendes (t_e) des Förderguts in der Förderleitung gemessen und daraus der Füllgrad (r) des Förderzylinders zur Bestimmung des Fördervolumens

$$V = r \cdot V_z$$

je Druckhub ermittelt wird, wobei V_z den Hubraum des Förderzylinders bedeutet.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der zwischen den Zeitpunkten (t_a und t_e) zurückgelegte Kolbenweg (h_1) des Förderzylinders gemessen wird und der Füllgrad des Förderzylinders aus der Beziehung

$$r = h_1/h_0$$

bestimmt wird, wobei h_0 den Kolbenhub des Förderzylinders bedeutet.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Füllgrad des Förderzylinders bei jedem Druckhub aus der Beziehung

$$r = T_1/T_0$$

bestimmt wird, wobei $T_1 = t_e - t_a$ die effektive Förderzeit und T_0 die Hubzeit des Druckhubs bedeuten.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Strömungsbeginn (t_a) und/oder das Strömungsende (t_e) im Fördergut in der Nähe des dem Förderzylinder abgewandten Ende der Förderleitung gemessen wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Strömungsbeginn (t_a) und/oder das Strömungsende (t_e) mittels einer in der Förderleitung angeordneten, vom Fördergut umströmten und in dessen Strömung begrenzt mitbewegten Meßkörpers sowie einer auf die Lage des Meßkörpers innerhalb der Förderleitung ansprechenden Meßsonde bestimmt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das in der Förderleitung befindliche Fördergut mit Ultraschall beaufschlagt wird, und daß ein am Fördergut reflektiertes oder durch dieses hindurchtretendes Ultraschallsignal zur Bestimmung des Zeitpunkts des Strömungsbeginns (t_a) und/oder des Strömungsendes (t_e) ausgewertet wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Förderleitung am Ende eines jeden Druckhubs für den Durchtritt von Fördergut gesperrt wird, und daß der Zeitpunkt des Strömungsendes (t_e) mit dem Zeitpunkt des Druckhubendes zusammenfällt.

8. Verfahren zur Bestimmung der Fördermenge oder des Förderstroms von mittels einer mindestens einen Förderzylinder aufweisenden Kolbendickstoffpumpe durch eine Förderleitung transportiertem Fördergut, bei welchem die Hubzahl oder Hubfrequenz sowie das Fördervolumen der einzelnen Druckhübe ermittelt und zur rechnerischen Bestimmung des Volumenstromes ausgewertet werden, dadurch gekennzeichnet, daß der Förderdruck (p) in der Förderleitung kontinuierlich oder in vorgegebenen Zeitschritten fortlaufend gemessen wird, und daß aus dem zeitabhängigen Amplitudenverlauf des gemessenen Förderdrucks der zeitliche Abstand (T_2) zwischen aufeinanderfolgenden Druckhüben zur Bestimmung der Hubzahl oder Hubfrequenz sowie der Füllgrad (r) des Förderzylinders zur Bestimmung des effektiven Fördervolumens je Druckhub ermittelt werden.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bestimmung des Füllgrades (r) bei jedem Druckhub eine effektive Förderzeit (T_1) und/oder der Kolbenweg (h_1) gemessen wird, wäh-

rend der der Förderdruck (p) größer als ein vorgegebener Druckschwellwert (p_s) ist.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Druckschwellwert (p_s) als Zwischenwert zwischen je einem aus dem gemessenen Amplitudenverlauf bestimmten Tiefdruckpegel (p_t) und Hochdruckpegel (p_h) ermittelt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Druckschwellwert p_s aus dem Tiefdruckpegel p_t und dem Hochdruckpegel p_h nach der Beziehung

$$p_s = p_t + k(p_h - p_t)$$

bestimmt wird, wobei $0 < k < 1$ eine empirisch zu ermittelnde Konstante bedeutet.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der zeitliche Abstand (T_2) zweier aufeinanderfolgender Druckhübe aus der Zeitdifferenz zwischen zwei aufeinanderfolgenden abfallenden Amplitudenflanken des Förderdrucks (p) ermittelt wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß der zeitliche Abstand (T_2) zweier aufeinanderfolgender Druckhübe aus der Hubzeit (T_0) des Druckhubs und einer gegebenenfalls vorgegebenen oder gemessenen Auszeit (T_A) additiv zusammengesetzt ist.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Füllgrad (r) des Förderzylinders bei jedem Druckhub durch Bildung des Quotienten $T_1/(T_2 - T_A)$ bestimmt wird, wobei T_1 die effektive Förderzeit, T_2 der zeitliche Druckhubabstand und T_A die Auszeit bedeuten.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß eine variable Kolbengeschwindigkeit im Verlauf eines Druckhubs bei der Bestimmung des Füllgrades (r) durch einen gegebenenfalls negativen Auszeitanteil (T_A) in Ansatz gebracht wird.

16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Volumenstrom q durch die Beziehung

$$q = \frac{T_1 V_z}{T_2 (T_2 - T_A)}$$

bestimmt wird, wobei T_1 die effektive Förderzeit je Druckhub, T_2 den zeitlichen Druckhubabstand, T_A die vorgegebene Auszeit und V_z das Hubvolumen des Förderzylinders bedeuten.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Amplitudenmeßwerte des Förderdrucks mit vorgegebener Sampling-Rate digital umgesetzt und nach Maßgabe ihrer Größe in verschiedene Zählspeicher unter Auslösen eines Zählvorgangs sortiert werden, und daß das bei einem Meßzyklus aus den Zählwerten aller Zählspeicher erhaltene Häufigkeitsspektrum unter Ermittlung eines einem Tiefdruckpegel (p_t) zugeordneten unteren und eines einem Hochdruckpegel (p_h) zugeordneten oberen Häufigkeitsmaximums ausgewertet wird und daraus der zwischen diesen liegende Druckschwellwert (p_s) ermittelt wird.

18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Sampling-Rate ein Vielfaches, vorzugsweise das 10^2 - bis 10^4 -fache der Hubfre-

quenz beträgt.

19. Verfahren nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Zählwerte der einzelnen Zählspeicher unter Bildung eines gefilterten Häufigkeitsspektrums mit den Zählwerten benachbarter Zählspeicher mit in Abhängigkeit vom gegenseitigen Abstand abnehmender Wichtung additiv verknüpft werden.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß der zur Bildung des Häufigkeitsspektrums durchgeführte Meßzyklus in vorgegebenen Zeitintervallen wiederholt wird.

21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Zählwerte des gefilterten Häufigkeitsspektrums des zuletzt erfaßten Meßzyklus mit den niedriger gewichteten Zählwerten des gefilterten Häufigkeitsspektrums aus dem vorhergehenden Meßzyklus unter Bildung eines der Auswertung zugeführten Summenspektrums additiv verknüpft werden.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß der ermittelte Volumenstrom mit einem vorgegebenen Sollwert verglichen und die Sollwertabweichung zur Bildung einer Stellgröße für die Ansteuerung eines vorzugsweise die Hubfrequenz variierenden Stellglieds zum Zwecke der Volumenstromregelung verwendet wird.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß der gemessene Volumenstrom an einer Anzeige oder einem Bildschirm laufend angezeigt und/oder über einen Drucker protokolliert wird.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß das Häufigkeitsspektrum hinsichtlich des Vorhandenseins signifikanter Häufigkeitsmaxima und/oder der Einhaltung eines vorgegebenen Abstands zwischen den Häufigkeitsmaxima und/oder des Vorliegens von Meßwerten oberhalb oder unterhalb vorgegebener Grenzwerte zum Zwecke der Fehlerüberwachung und -steuerung ausgewertet wird.

25. Anordnung zur Bestimmung der Fördermenge oder des Förderstroms von mittels einer mindestens einen Förderzylinder (10, 12) aufweisenden Kolbendickstoffpumpe (1) durch eine Förderleitung (22) transportiertem Fördergut (24) zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 24, gekennzeichnet durch einen auf die Strömung oder Nichtströmung des Förderguts in der Förderleitung ansprechenden Strömungsmelder und eine mit dem Ausgang des Strömungsmelders verbundene Zähl- oder Recheneinrichtung zur Bestimmung der Strömungszeit des Förderguts und des daraus abgeleiteten Füllgrades des Förderzylinders und/oder des Fördervolumens oder Förderstroms.

26. Anordnung nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß der Strömungsmelder ein in der Förderleitung angeordnetes, ein unter der Einwirkung des strömenden Förderguts von einem Sitz abhebbares Schließorgan aufweisendes Rückschlagventil sowie einen auf die Öffnungs- oder Schließstellung oder -bewegung des Schließorgans ansprechenden, vorzugsweise als Näherungsschalter ausgebildeten Sensor umfaßt.

27. Anordnung nach Anspruch 25 oder 26, dadurch gekennzeichnet, daß das Rückschlagventil als Klap-

penventil, Kugelventil oder Tellersitzventil ausgebildet ist.

28. Anordnung nach einem der Ansprüche 25 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß das Schließorgan über ein am Ende eines Kolbenhubs auslösbares Signal schließbar ist.

29. Anordnung nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß der Strömungsmelder einen im Bereich der Förderleitung angeordneten Ultraschallsender und -empfänger umfaßt.

30. Anordnung nach einem der Ansprüche 25 bis 29, gekennzeichnet durch eine Wegmeß-Einrichtung zur Messung des Kolbenwegs, deren Ausgang mit der Zähl- und Recheneinrichtung zur Ermittlung des Füllgrads (r) und/oder des Fördervolumens oder Förderstroms verbunden ist.

31. Anordnung nach einem der Ansprüche 25 bis 30, dadurch gekennzeichnet, daß der Strömungsmelder in der Nähe des vom Förderzylinder abgewandten Endes der Förderleitung angeordnet ist.

32. Anordnung zur Bestimmung der Fördermenge oder des Förderstroms von mittels einer mindestens einen Förderzylinder (10, 12) aufweisenden Kolbendickstoffpumpe (1) durch eine Förderleitung (22) transportiertem Fördergut (24) zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 24, gekennzeichnet durch einen in der Förderleitung angeordneten Drucksensor (54) zur laufenden Messung des Förderdrucks (p) und einer mit dem Ausgangssignal des Drucksensors (54) beaufschlagten elektronischen Auswerteeinheit (56) zur Bestimmung der Hubzahl oder der Hubfrequenz und des Füllgrades des Förderzylinders und des daraus abgeleiteten Förderstroms.

33. Anordnung nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, daß der Drucksensor als auf einen einstellbaren Druckschwellwert (p_s) ansprechender Druckschalter ausgebildet ist und daß ein unter der Bedingung Förderdruck (p) > Druckschwellwert (p_s) auslösbarer Zeitzähler zur Bestimmung der effektiven Förderzeit (T_1) und des daraus abgeleiteten Füllgrades (r) vorgesehen ist.

34. Anordnung nach Anspruch 32 oder 33, dadurch gekennzeichnet, daß die elektronische Auswerteeinheit (56) einen mit dem Ausgangssignal des Drucksensors (54) beaufschlagbaren A/D-Wandler und einen mikroprozessorgesteuerten Amplituden-zähler zur Auslösung von Zählvorgängen in einer Vielzahl von Zählspeichern nach Maßgabe der Größe der vom A/D-Wandler mit vorgegebener Sampling-Rate ausgegebenen digitalen Meßwerte aufweist.

35. Anordnung nach Anspruch 34, dadurch gekennzeichnet, daß die elektronische Auswerteeinheit (56) zusätzlich ein Programm zur Auswertung der bei einem Meßzyklus ermittelten Zählergebnisse unter Bestimmung eines einem Tiefdruckpegel (p_t) zugeordneten unteren Häufigkeitsmaximums und eines einem Hochdruckpegel (p_h) zugeordneten oberen Häufigkeitsmaximums und eines zwischen den Tief- und Hochdruckpegeln liegenden Druckschwellwerts (p_s) sowie einen unter der Bedingung Förderdruck (p) > Druckschwellwert (p_s) auslösbaren Zeitzähler zur Bestimmung der effektiven Förderzeit (T_1) und des daraus abgeleiteten Füllgrades (r) aufweist.

36. Anordnung nach einem der Ansprüche 32 bis 35, gekennzeichnet durch ein Programm zur Ermitt-

lung der Stellgröße eines Volumenstromreglers aus der Abweichung des ermittelten Volumenstroms von einem Sollwert nach Maßgabe eines vorgegebenen Regelalgorithmus.

37. Anordnung nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, daß der Volumenstromregler ein mit der Stellgröße beaufschlagbares Proportionalventil (52) als Stellglied aufweist, das in einer Antriebshydraulik (26, 28) des Förderzylinders (10, 12) angeordnet ist.

10

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

15

20

25

30

35

40

45

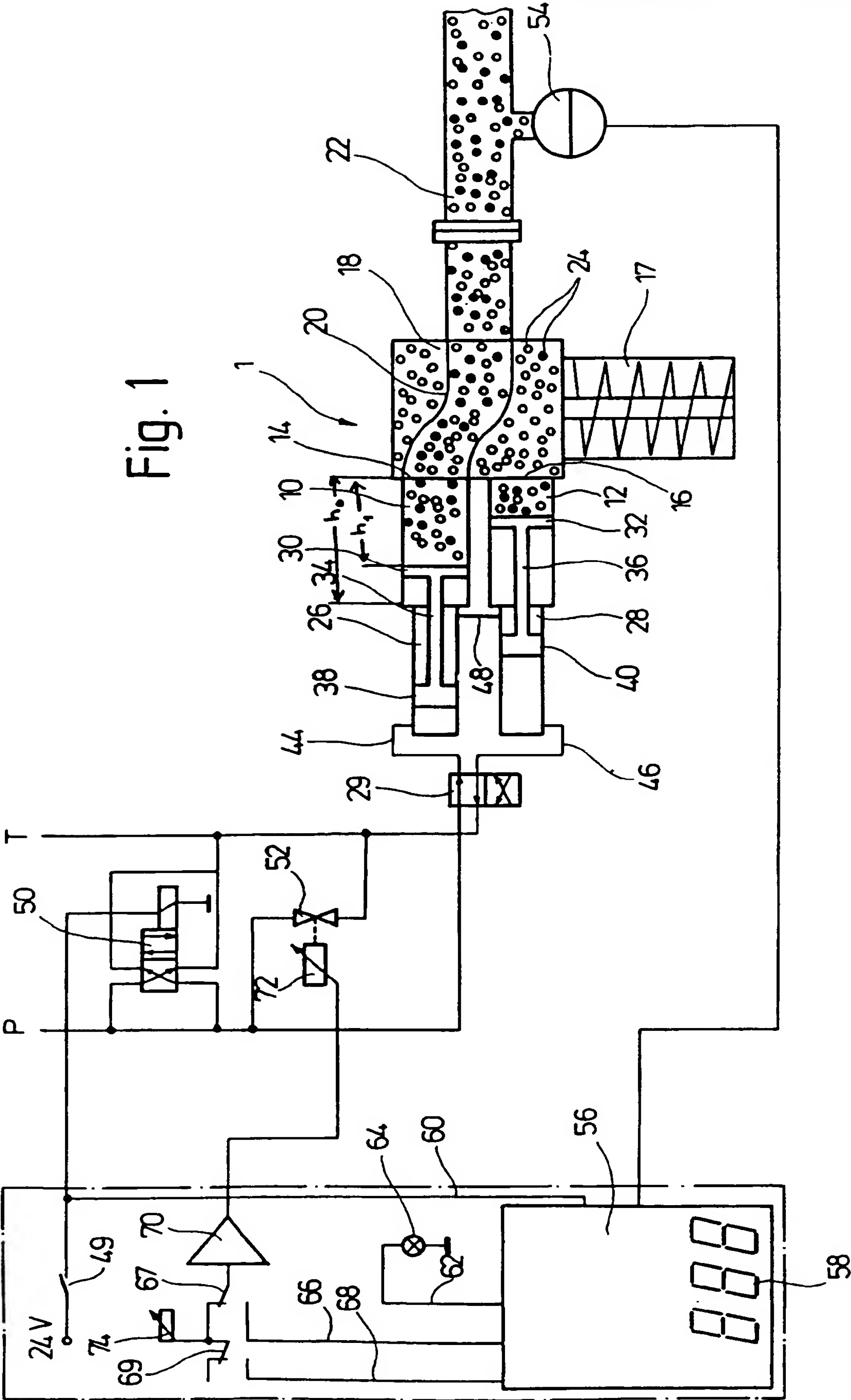
50

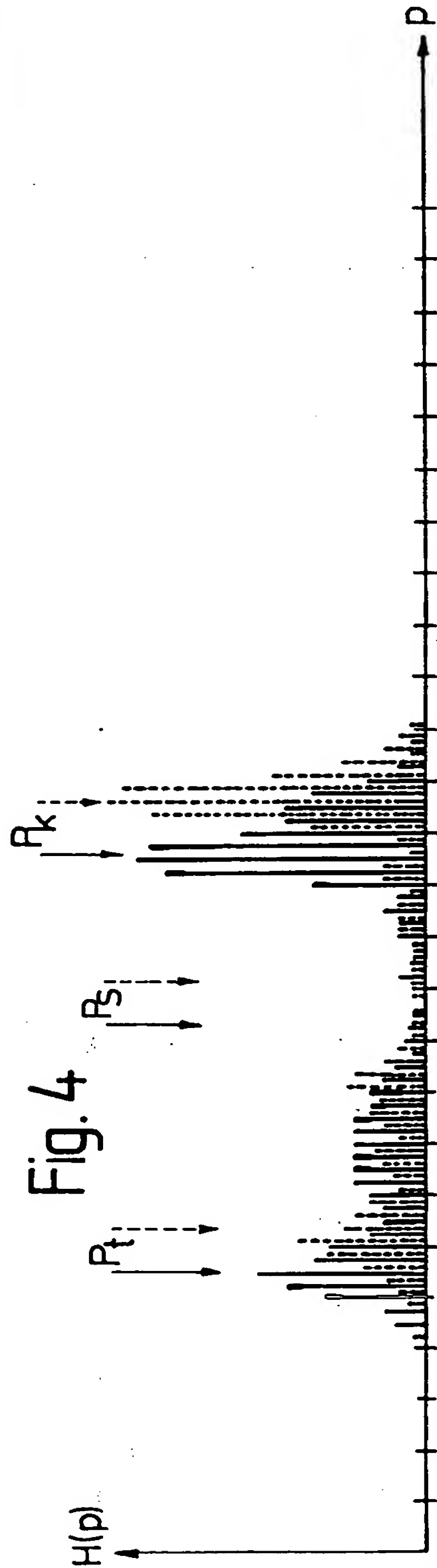
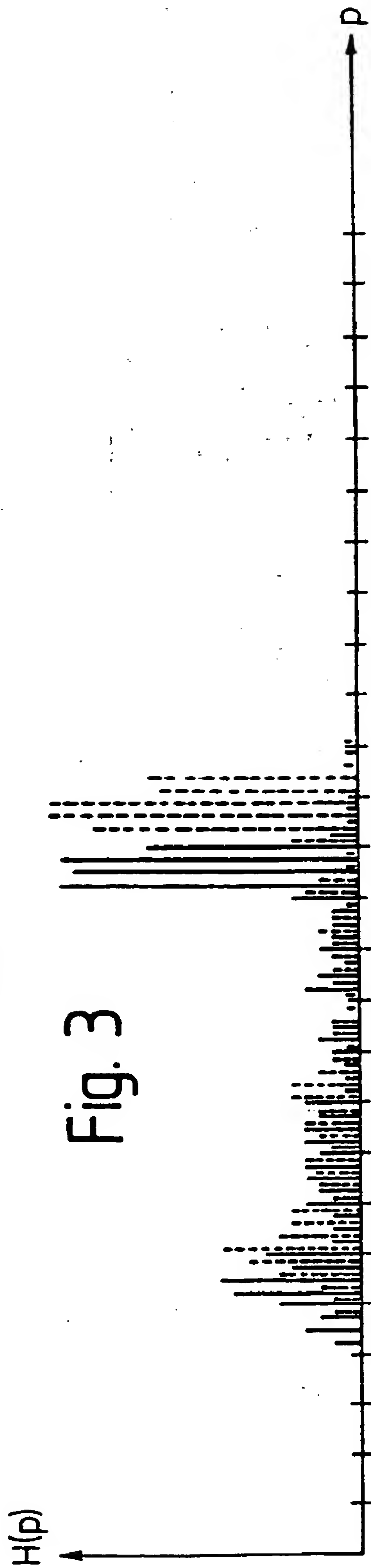
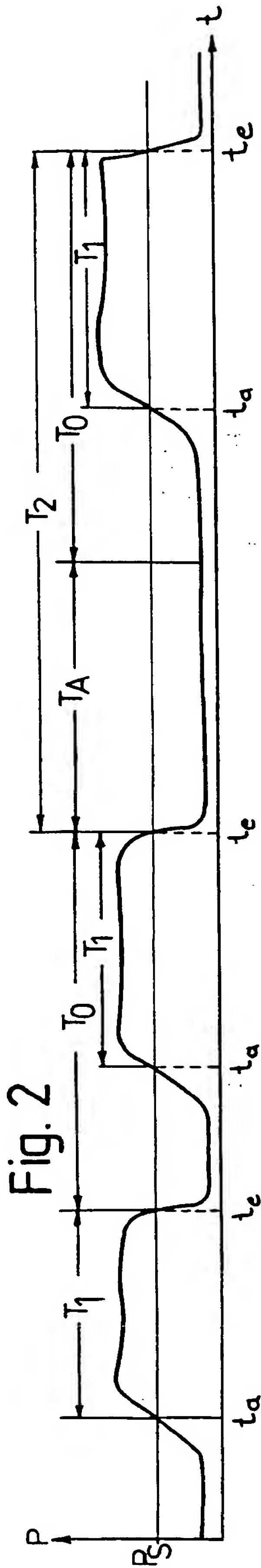
55

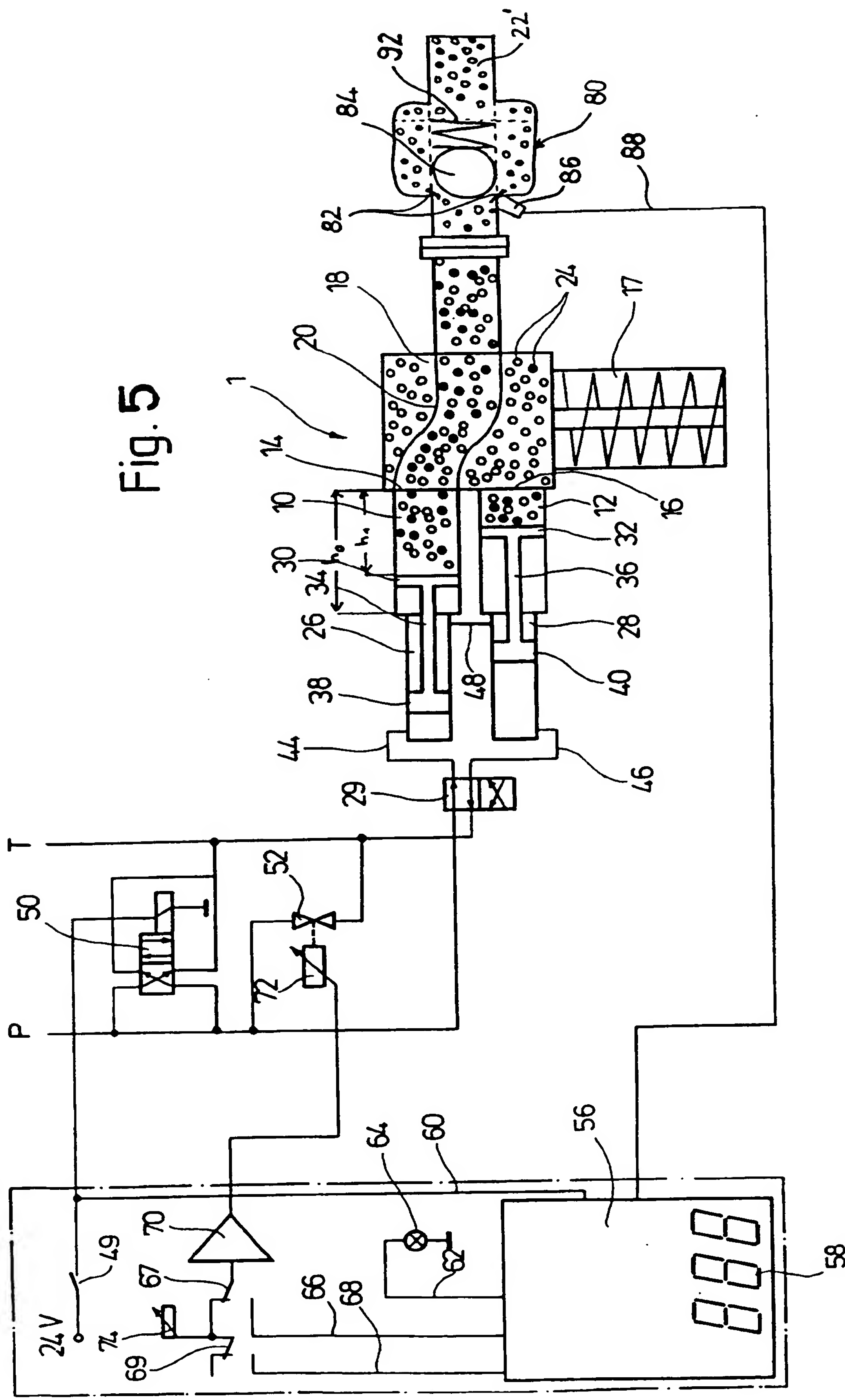
60

65

- Leerseite -







PROCESS FOR MEASURING THE FLOW RATE OF THICK MATTER PUMPS**Publication number:** DE4206576**Publication date:** 1993-09-09**Inventor:** SCHLECHT KARL DIPL ING (DE); ROCKSTROH AXEL
ING GRAD (DE)**Applicant:** PUTZMEISTER MASCHF (DE)**Classification:****- international:** *F04B9/117; F04B15/02; F04B49/08; G01F3/16;
G01F11/02; F04B9/00; F04B15/00; F04B49/08;
G01F3/02; G01F11/02; (IPC1-7): B65G53/66;
G01F11/04; G01F15/07; G01L7/00; G05D7/00***- european:** F04B9/117C2; F04B15/02; F04B49/08; G01F3/16;
G01F11/02B10**Application number:** DE19924206576 19920302**Priority number(s):** DE19924206576 19920302**Also published as:**

WO9318301 (A1)

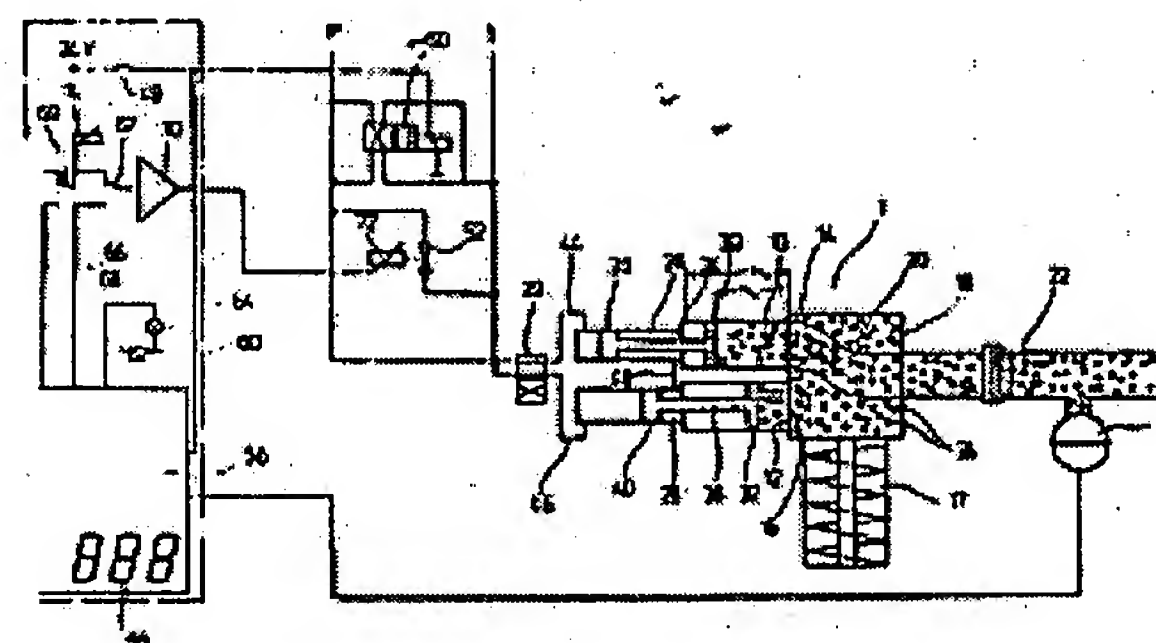
EP0632866 (A1)

US5578752 (A1)

EP0632866 (A0)

Report a data error here**Abstract of DE4206576**

A process and device are disclosed for determining by a measurement technique the flow rate of a substance conveyed by means of a thick matter piston pump (1) through a delivery pipe (22). The thought at the basis of the invention is that the filling level of the delivery cylinder, which is required for accurately determining volumetric flow, may be inferred from the variations of the pressure in the delivery pipe. Feeding pressure in the delivery pipe (22) is thus continuously or periodically measured at predetermined time intervals by means of a pressure sensor (54). The interval between successive pressure strokes, used to determine the number or frequency of strokes, as well as the filling level of the delivery cylinder, used to determine the actual delivery volume per pressure stroke, are both derived from the time-dependent amplitude characteristic of the measured delivery pressure.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

This Page Blank (uspto)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

This Page Blank (uspto)